

PUB-NO: DE003942556A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3942556 A1

TITLE: Temp.-insensitive light waveguide strain gauge  
- has  
crossed coils  
casing  
central, prim. coated waveguide enclosed by  
e.g. further light waveguides and protective  
casing

PUBN-DATE: June 27, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
LESSING, RAINER DR	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FELTEN & GUILLEAUME ENERGIE	DE

APPL-NO: DE03942556

APPL-DATE: December 22, 1989

PRIORITY-DATA: DE03942556A ( December 22, 1989)

INT-CL (IPC): G01B011/16, G01L001/24 , G02B006/16 , G02B006/42 ,  
G02B006/44

EUR-CL (EPC): G01B011/18

US-CL-CURRENT: 385/123

ABSTRACT:

A temp. insensitive light waveguide strain gauge is in the form of  
a  
central, primary coated light waveguide (L1) enclosed by a spiral of  
metal wire  
or glass fibre, pref. two crossed coils, and then a protective  
casing. The  
enclosing spirals can also be primary coated glass fibres (L2, L3).  
The light

waveguides are all pref. multimode/gradient light waveguides, e.g.  
with core,  
casing and primary coating dia. of 50, 125 and 250 ADVANTAGE -  
Extended  
measurement capabilities by virtue of additional light waveguides.

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

## (12) Offenlegungsschrift

(10) DE 39 42 556 A 1

(51) Int. Cl. 5:

**G 01 B 11/16**

G 01 L 1/24

G 02 B 6/16

G 02 B 6/42

G 02 B 6/44

(71) Anmelder:

Felten & Guilleaume Energietechnik AG, 5000 Köln,  
DE

(72) Erfinder:

Leßing, Rainer, Dr., 5226 Reichshof, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE	33 09 998 C2
DE	29 07 704 B2
DE	37 16 168 A1
DE	35 26 966 A1
DE	33 33 528 A1
DE	33 05 234 A1
DE	31 12 422 A1
DE	28 42 077 A1
DE	24 12 680 A1
DE	89 00 690 U1
FR	25 69 006
US	42 26 504
US	39 55 878

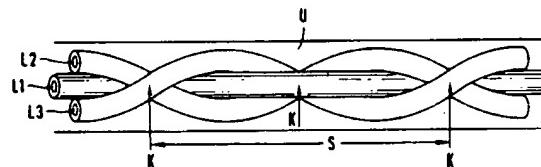
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Temperatur-unempfindlicher Lichtwellenleiter-Dehnungssensor

(55) Ein bekannter LWL-Dehnungssensor ist aufgebaut aus einem zentralen, primärbeschichteten LWL (L1), um den mindestens eine Wendel eines Metalldrähtes oder Glasfadens gesellt ist, vorzugsweise zwei Wendeln im Kreuzschlag gesellt sind, worum dann eine Schutzhülle (U) angeordnet ist.

Um einen solchen Sensor temperatur-unempfindlich zu machen, werden als Wendeln (L2 und L3) ebenfalls primärbeschichtete LWL eingesetzt.

Dieser Sensor dient hauptsächlich als Dehnungssensor für Ingenieurbauwerke.



DE 39 42 556 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Lichtwellenleiter-(LWL-)Dehnungssensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In DE 35 26 966 A1 ist ein LWL-Sensor für Zugkräfte (ein LWL-Dehnungssensor) beschrieben, bei dem um den LWL mindestens eine Wendel eines Metalldrahtes oder eines Glasfadens geseilt, und darum eine drahtförmige, zugfeste Umhüllung aus glasfaser verstärktem Kunststoff (GFK) aufgebracht ist. Ausführungsbeispiel: Primärbeschichteter LWL mit 0,2 mm Außendurchmesser, Wendel aus Stahldraht von 0,08 mm Stärke, Schlaglänge im mm-Bereich, GFK-Umhüllung mit etwa 2 mm Außendurchmesser. Das Zusammenspiel der Parameter LWL-Wendel-Umhüllung ist diffizil und schwer reproduzierbar, so daß die Herstellung eines solchen LWL-Sensors aufwendig ist.

Eine Verbesserung wird bei dem in DE 89 00 690.9 U1 beschriebenen LWL-Sensor für kleine Zug- oder Druckkräfte (LWL-Dehnungssensor) erreicht. Bei ihm ist wesentlich, daß zwei Wendeln aus einem Metalldraht oder Glasfaden im Kreuzschlag um den primärbeschichteten LWL geseilt sind. Ausführungsbeispiel: Multimode-LWL 50/125/175 (Kern-/Mantel-/Primärbeschichtungs-Durchmesser in  $\mu\text{m}$ ), Stahldraht 0,09 mm stark, Schlaglänge 10 mm, GFK-Umhüllung wie zuvor. Dieser LWL-Sensor ist immer noch temperaturempfindlich, so daß zu seinem einwandfreien Funktionieren einiger Aufwand erforderlich ist.

Daher liegt der Erfundung die Aufgabe zugrunde, einen solchen LWL-Sensor so auszubilden, daß er temperatur-unempfindlich ist.

Die Lösung dieser Aufgabe ist mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 angegeben. Sie besteht im wesentlichen darin, daß um den zentralen LWL anstelle von zwei Stahldrähten oder Glasfädern zwei weitere LWL im Kreuschlag geseilt sind.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen LWL-Sensors, so die Ansprüche 2 und 3 die LWL, 4 und 5 die Umhüllung, und 6 den Sensor mit Meßeinrichtung.

Die Erfundung beruht auf der Erkenntnis, daß die Temperaturempfindlichkeit der vorbekannten LWL-Sensoren von der Verschiedenheit ihrer baubedingten Material- und Verseilparameter herrührt. Diese haben einen großen Einfluß auf die Sensoreigenschaften. Insbesondere sind die Grunddämpfung, die möglichst klein sein sollte, und die Sensorempfindlichkeit, die möglichst groß sein sollte, von der Spannung abhängig, mit der die Verseilpartner umeinandergelegt (und ferner die Umhüllung darumgelegt) sind. Wenn nun, wie es aufgrund der Elastizitätsverhältnisse zweckmäßig erscheint, um den zentralen LWL ein oder zwei Stahldrähte geseilt sind, so ergeben sich bei Temperaturveränderungen aufgrund der stark unterschiedlichen Wärmeausdehnung von Quarz und Stahl starke Spannungseinwirkungen auf den LWL. Sind dagegen um den zentralen LWL zwei weitere LWL geseilt, so ist dies ausgeschlossen.

Der Vorteil der Erfundung besteht darin, daß man nun einen temperatur-unempfindlichen LWL-Dehnungssensor hat. Hinzu kommt, daß man nun zwei zusätzliche LWL zur Verfügung hat, was die Meßmöglichkeiten erheblich erweitert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfundung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigt jeweils als Prinzipbild

Fig. 1 einen LWL-Dehnungssensor mit einem zentralen LWL und zwei LWL-Kreuzwendeln darum, und

Fig. 2 die Anschaltung von Lichtsender und Lichtempfängern an diesen Sensor.

Wie Fig. 1 zeigt, sind um den zentralen, primärbeschichteten Lichtwellenleiter (LWL) L1 die beiden Wendeln L2 und L3, die ebenfalls primärbeschichtete Lichtwellenleiter sind, mit der Schlaglänge S im Kreuzschlag versetzt. Als Schutzhülle U ist wie bekannt ein dem Verseilband unmittelbar anliegender, drahtförmiger Mantel aus glasfaser verstärktem Polyesterharz vorgesehen.

Alle drei LWL sind hier Multimode-/Gradienten-LWL mit folgenden Außendurchmessern: Kern 50  $\mu\text{m}$ , Mantel 125  $\mu\text{m}$  und Primärbeschichtung aus UV-Acrylat 250  $\mu\text{m}$ . Es sind aber auch andere LWL-Typen, so Monomode-LWL, einsetzbar. Ebenso sind verschiedene LWL-Typen für die verschiedenen LWL L1, L2 und L3 des Sensors einsetzbar.

Die Schlaglänge S der LWL-Wendeln L2 und L3 und damit die Lage ihrer Kreuzungspunkte K sind beliebig variierbar. Um die Empfindlichkeit des Sensors zu erhöhen, paßt man, wie bekannt, die Schlaglänge der LWL-Wendeln an die Pitchlänge (das ist die doppelte Linsenbrennweite der durch einen LWL simulierten Sammellinsenfolge) des zentralen LWL an, indem das Verhältnis beider mit  $n : 1$  und  $n = 3, 4, 5 \dots > 10$  gewählt wird.

Bekanntlich kann man einen Gradienten-LWL als Linsenleitung beschreiben. Somit muß jede Störung des LWL durch an den Wendel-Kreuzungspunkten K punktuell aufgebrachten Druck zu inneren Abbildungsfehlern führen und somit einen deutlichen Lichtverlust durch Dämpfung hervorrufen, insbesondere wenn die Schlaglänge der Wendeln der Pitchlänge des zentralen LWL angepaßt ist. Demnach sind Verseilungen mit Partnern von ungleicher thermischer Längenausdehnung immer gegenüber Verseilungen mit gleichen Partnern im Nachteil, weil sie starke Druckänderungen als Funktion der Temperatur und damit starke Dämpfungsänderungen bewirken, letztere aber nicht.

Mit einem erfindungsgemäßen LWL-Sensor, der aus 3 Quarz-LWL 50/125/250 aufgebaut ist, kann man eine weitgehende Temperaturinvarianz der Dämpfung erreichen. Messungen ergaben 0,3 dB/80°C für eine Gesamtlänge von 20 m.

Eine weitere Verbesserung deutet sich an, wenn die Schutzhülle U um den Verseilband der 3 LWL ein Rohr aus Metall, Kunststoff oder GFK ist, das den Verseilband mit geringem Abstand (mm-Bereich) umgibt und in dem er in regelmäßigen größeren Abständen (10-cm-Bereich) festgelegt ist, dies beispielsweise mittels eines Konstruktionsklebers.

Fig. 2 zeigt, wie zur Meßeinrichtung den drei LWL des Sensors gemeinsam eine Lichtsendediode (LED) vorgeschaltet und jedem LWL eine Lichtempfangsdioden (Fotodioden FD1 bis FD3) nachgeschaltet ist. Im Gegensatz zu den vorbekannten LWL-Dehnungssensoren, bei denen nur ein LWL zur Messung der Lichtdämpfung zur Verfügung steht, ist bei dem neuen Sensor die Meßsicherheit verdreifacht, da alle drei LWL zur Lichtmessung herangezogen werden. Selbst beim Bruch eines LWL können die beiden anderen LWL ihre Meßaufgabe weiter wahrnehmen. Und dementsprechend ist die Betriebssicherheit durch die Abfrage von mehr als einem LWL je Sensor gestiegen.

Der neue LWL-Sensor dient hauptsächlich als Dehnungssensor für Ingenieurbauwerke. Er ermöglicht zuverlässige Messungen auch bei höheren und stark wech-

selnden Temperaturen.

#### Patentansprüche

1. Lichtwellenleiter-(LWL-)Dehnungssensor aufgebaut aus einem zentralen, primärbeschichteten LWL (L1), um den mindestens eine Wendel eines Metalldrähtes oder Glasfadens gesellt ist, vorzugsweise zwei Wendeln im Kreuzschlag gesellt sind, worum dann eine Schutzhülle angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Wendeln (L2 und L3) ebenfalls primärbeschichtete Lichtwellenleiter sind. 5
2. LWL-Dehnungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zentrale LWL (L1) und die beiden darum im Kreuzschlag gesellten LWL-Wendeln (L2 und L3) vorzugsweise Multimode-/Gradienten-LWL sind, beispielsweise LWL 50/125/250 (Kern-/Mantel-/Primärbeschichtung-Durchmesser in µm). 15
3. LWL-Dehnungssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wie an sich bekannt die Schlaglänge (S) der LWL-Wendeln (L2 und L3) der Pitchlänge (das ist die doppelte Linsenbrennweite der durch den LWL simulierten Sammellinsenfolge) des zentralen LWL (L1) im Verhältnis n : 1 mit n = 3, 4, 5 ... > 10 entspricht. 20
4. LWL-Dehnungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzhülle (U), wie an sich bekannt, ein dem Versilerverband (L1 bis L3) unmittelbar anliegender, drahtförmiger Mantel aus Kunststoff, vorwiegend aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK), ist. 30
5. LWL-Dehnungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzhülle (U), ein Rohr aus Metall, Kunststoff oder GFK ist, das den Versilerverband mit geringem Abstand (mm-Bereich) umgibt, und in dem er in regelmäßigen größeren Abständen (10-cm-Bereich) festgelegt ist, dies beispielsweise mittels eines Konstruktionsklebers. 35
6. LWL-Dehnungssensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Meßeinrichtung den LWL (L1 bis L3) gemeinsam eine Lichtsendediode (LED) vorgeschaltet und jedem LWL eine Lichtempfangsdiode (Fotodioden FD1 bis FD3) nachgeschaltet ist. 45

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

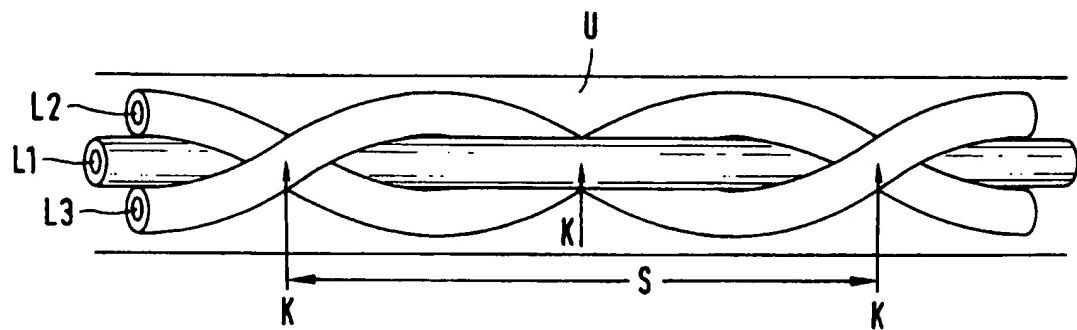


FIG.1

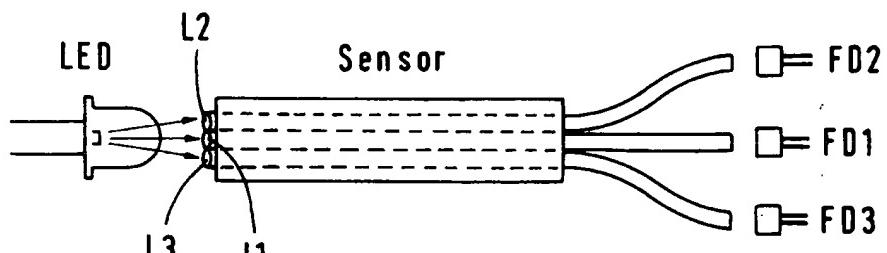


FIG.2